

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ШАРОСТРУЙНОГО БУРЕНИЯ РЕГУЛИРОВАНИЕМ
СКОРОСТИ РАБОЧЕГО ПОТОКА ЖИДКОСТИ

А.П. Куренков

Научный руководитель - доцент М.В. Горбенко

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Актуальность. При бурении шароструйным способом происходит износ породоразрушающих элементов, вследствие чего эффективность бурения снижается. С целью поддержания постоянной скорости бурения, без замены рейсовой порции шаров актуальность приобретает способ регулирования скорости рабочего потока.

Цель работы. Расширение и углубление знаний в области повышения эффективности шароструйного бурения в крепких и твердых горных породах за счет разработки новых конструкторских решений.

Введение. В настоящее время активно проводится поиск новых способов бурения скважин различного назначения. Повышение эффективности бурения в крепких горных породах может быть реализовано за счет разработки новых материалов и новых конструктивных решений для породоразрушающего инструмента (ПРИ). Несмотря на постоянное совершенствование ПРИ, бурение механическими способами в твердых горных породах остается недостаточно эффективным, так как характеризуется низкой механической скоростью бурения и величиной рейсовой проходки на долото. Поэтому актуальность приобретает разработка альтернативных способов разрушения твердых горных пород [1–5]. Одним из наиболее перспективных является гидродинамический способ разрушения горных пород, осуществляемый высокоскоростной струей жидкости. Данным способом на забой скважины можно передавать значительные мощности, при этом скорость бурения и проходка на долото возрастают. Кроме того, этот способ легко вписывается в существующую технологию бурения механическими способами, при которой для очистки скважины от шлама на забой подается промывочная жидкость. Однако гидродинамический способ в традиционном виде малоэффективен для бурения скважин в твердых горных породах [5].

Шароструйный способ бурения основан на разрушении горных пород посредством воздействия металлических шаров, обладающих большой кинетической энергией непосредственно перед контактом с породой и многократно циркулирующих в призабойной зоне скважины за счет шароструйно-эжекторного бурового снаряда, в основе которого лежит струйный аппарат.

На кафедре бурения скважин Томского политехнического университета А.В. Ковалевым разработана оптимальная конструкция шароструйно-эжекторного бурового снаряда (ШЭБС), исследованы основные технические и технологические параметры, предложена оригинальная методика расчета процессов шароструйного бурения [8], что является хорошим фундаментом для дальнейших исследований.

Результаты и их обсуждения. Известно, что в процессе бурения происходит износ породоразрушающих элементов. Кинетическая энергия, передаваемая от шара к горной породе, влияет на эффективность бурения (рис.1).

$$E_{\text{ш}} = \frac{m_{\text{ш}} \cdot V^2}{2}, \quad (1)$$

где $m_{\text{ш}}$ – масса шара; V – скорость бурового потока.

Чем больше кинетическая энергия шара, тем выше сила удара, следовательно, процесс изнашивания породоразрушающих шаров будет происходить быстрее. Условно можно предположить, что в процессе бурения диаметр породоразрушающих шаров изменяется по линейной зависимости от времени бурения.

Если в процессе бурения диаметр шара изменяется на 20%, то диаметр изношенного шара найдем по формуле:

$$d = 0,8 \cdot d_{\text{ш}}, \quad (2)$$

где d – диаметр изношенного породоразрушающего шара; $d_{\text{ш}}$ – начальный диаметр шара.

Уменьшение диаметра влечет за собой уменьшение массы шара. Для того, чтобы определить массу шара воспользуемся формулой:

$$m = \rho \cdot V, \quad (3)$$

где ρ – плотность материала шара; V – объем шара.

Объем породоразрушающего шара рассчитывается по формуле:

$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3, \quad (4)$$

где R – радиус шара.

Для определения радиуса шара воспользуемся формулой:

$$R = \frac{d}{2}. \quad (5)$$

Подставив (4) и (5) получим:

$$m = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot \frac{d^3}{8} \cdot \rho. \quad (6)$$

$$m = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot \frac{0,8^3 \cdot d_p}{8} \cdot \rho = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot \frac{0,512 \cdot d_p}{8} \cdot \rho. \quad (7)$$

Из формулы (7) можно сделать следующий вывод, что с уменьшением диаметра шара на 20%, масса его уменьшается вдвое. График изменения массы шара условно имеет кубическую зависимость от времени бурения (см. рисунок).

С уменьшением массы породоразрушающих шаров, изменяется кинетическая энергия шара.

Для определения кинетической энергии изношенного шара подставим (7) в формулу (1) и получим:

$$E = \frac{0,512 \cdot m_0 \cdot v^2}{2}. \quad (8)$$

Из формулы (8) видно, что с уменьшением массы шара вдвое, его кинетическая энергия уменьшается вдвое. Следовательно, разрушение горной породы происходит медленно и неэффективно, скорость проходки падает.

Износ породоразрушающих шаров до 10% компенсируется с помощью увеличения скорости бурового раствора до 20%. Далее бурение продолжается с постоянной скоростью потока. В процессе бурения происходит дальнейший износ шаров и уменьшение кинетической энергии.

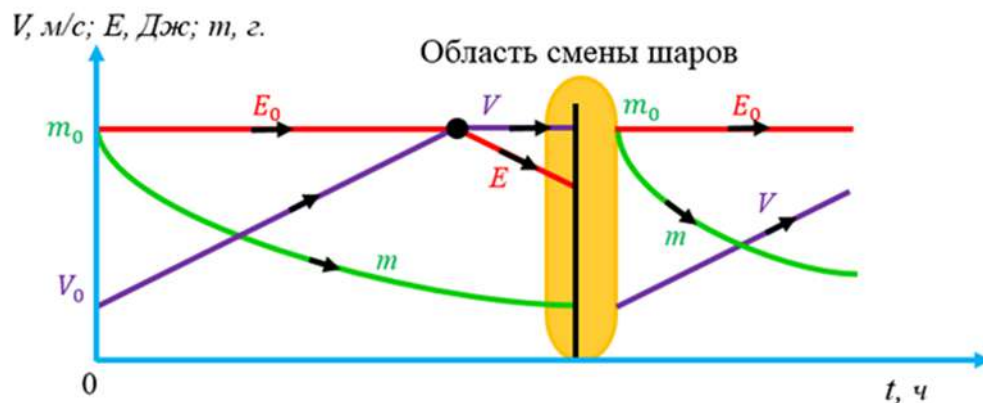


Рис.1 График зависимости поддержания постоянной скорости проходки

При допуске износа по диаметру породоразрушающих шаров на 20% и компенсации кинетической энергии при износе до 10%, с помощью повышения скорости потока на 20%, кинетическая энергия шара на момент замены порции шаров составит 73% от начальной. Дальнейшее продолжение бурения можно считать неэффективным, т.к. скорость бурения существенно падает.

Заключение. В настоящей работе изложены результаты исследования технологического процесса повышения эффективности шароструйного бурения в твердых горных породах за счет разработки новых конструкторских решений.

Основные выводы, научные и теоретические результаты исследования состоят в следующем:

- изучена проблема снижения эффективности шароструйного бурения в твердых и крепких породах;
- построена и проанализирована зависимость поддержания постоянной скорости проходки, с целью повышения эффективности бурения;
- предложен способы поддержания эффективности шароструйного бурения.

Литература

1. Давиденко А.Н., Игнатов А.А. Абразивно-механическое ударное бурение скважин: монография / М-во образования и науки Украины, Нац. горн. ун-т. – Д.: НГУ, 2013. – 110 с.
2. Ганджумян Р.А., Калинин А.Г., Никитин Б.А. Инженерные расчеты при бурении глубоких скважин. – М.: Недра, 2000. – 429 с.
3. Давиденко А.Н. Абразивно-механическое ударное бурение скважин: монография /Игнатов; М-во образования и науки Украины, Нац. Горн. ун-т. – Д.: НГУ, 2013. – 110 с.
4. Заурбеков С.А. Повышение эффективности призабойных гидродинамических процессов при шароструйном бурении скважин: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Алматы, 1995.– 18 с.
5. Исаев Е.Д., Ковалев А.В., Алиев Ф.Р. Экспериментальные исследования технологических параметров режима шароструйного бурения // Сборник докладов Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Проблемы научно-технического прогресса в бурении скважин», посвященной 60-летию кафедры бурения скважин. – Томск: Изд. ТПУ, 2014. – С. 68–83.